



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

REC'D 08 JUN 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03101785.8 ✓

# **PRIORITY DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

**BEST AVAILABLE COPY**



Anmeldung Nr.:  
Application no.: 03101785.8  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 18.06.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards  
GmbH  
Steindamm 94  
20099 Hamburg  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Hochspannungs-Isoliermaterialien

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H05G1/06

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

## BESCHREIBUNG

### Hochspannungs-Isoliermaterialien

Die Erfindung betrifft Hochspannungs-Isoliermaterialien in fester und flüssiger Form, insbesondere zur Anwendung in Hochspannungserzeugern, sowie Hochspannungserzeuger mit einem  
5 solchen Isoliermaterial zum Beispiel für die Röntgentechnik und die Computertomographie. Die Erfindung betrifft schließlich auch ein Röntgensystem mit einem Hochspannungserzeuger, der ein solches Isoliermaterial enthält.

10 An moderne Hochspannungsgeräte wie insbesondere Hochspannungserzeuger von zum Beispiel Röntgensystemen werden je nach Art des Systems unterschiedliche Anforderungen gestellt.

15 Einerseits sollen die Hochspannungserzeuger und ihre Bauteile eine unter allen Betriebsbedingungen ausreichende und dauerhafte Hochspannungsfestigkeit aufweisen. Dies bedeutet, dass eine Anordnung gefunden und ein Isoliermaterial verwendet werden muss, mit dem sowohl Spannungsüberschläge aufgrund von Oberflächenladungen an einzelnen Komponenten, als auch Spannungsdurchschläge durch das Isoliermaterial zuverlässig verhindert werden können.

20 Dies gilt insbesondere für moderne Hochspannungserzeuger mit hoher Leistungsdichte, da durch den Einsatz immer höherer Betriebsfrequenzen die Leistungsbaulemente (zum Beispiel Hochspannungstransformatoren, Kaskaden usw.) in ihren Abmessungen immer kleiner, die Hochspannungsgeneratoren dadurch immer kompakter und folglich die auftretenden Feldstärken immer höher werden.

25

Andererseits sollen die Hochspannungserzeuger insbesondere bei rotierenden Systemen wie zum Beispiel bei Computertomographie-Geräten ein möglichst geringes Gewicht haben. Da

diese Geräte außerdem mit sehr hohen Drehzahlen arbeiten, sind die sich mitdrehenden Komponenten einer hohen Beschleunigung ausgesetzt, so dass auch ihr mechanischer Aufbau sehr stabil und möglichst klein und kompakt sein soll.

- 5 Zur Sicherstellung einer ausreichenden Hochspannungsfestigkeit auf immer kleinerem Raum ist das Isoliermaterial in dem Hochspannungserzeuger naturgemäß von besonderer Bedeutung. Ein Problem hierbei besteht jedoch in der Tatsache, dass ein Isoliermaterial mit besonders geringem Gewicht (d. h. niedriger Dichte), wie es aus den oben genannten Gründen gefordert wird, im allgemeinen eine nur relativ geringe Durchschlagsfestigkeit aufweist.

10

Eine weitere Forderung besteht darin, in Hochspannungserzeugern auf den Einsatz von Isolierpapier zu verzichten, da dieses aufwendige Imprägnierprozesse erfordert. Stattdessen wird angestrebt, die Isolierung in reiner Kunststofftechnik auszuführen, wodurch sich der Vorteil ergibt, dass das Isoliermaterial gleichzeitig auch eine tragende Funktion für die betreffenden

- 15 Komponenten übernehmen kann und ihm durch Spritzguss eine an nahezu jeden Innenraum eines Hochspannungserzeugers optimal angepasste Form verliehen werden kann.

- Gegebenenfalls können damit auch Bereiche oder Kanäle in dem Hochspannungserzeuger ausgebildet werden, in denen ein flüssiges Isoliermaterial zur Kühlung einzelner Komponenten  
20 geführt wird. Bei einer solchen Hybridisolierung, wie sie in der EP 1 176 856 offenbart ist, ist jedoch sicherzustellen, dass durch die unterschiedlichen Eigenschaften des festen und flüssigen Isoliermaterials, insbesondere im Hinblick auf deren elektrische Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante, an keiner Stelle der Hybridisolierung Spannungsdurchschläge auftreten können.

- 25 Schließlich ist auch der Tatsache Rechnung zu tragen, dass Hochspannungserzeuger durch bestimmte Applikationen einer Mischbelastung aus Gleichspannung, Wechselspannung und unipolar pulsierenden Spannungen ausgesetzt sein können, durch die die Anforderungen an das Isoliermaterial, insbesondere im Falle einer Hybridisolierung, aufgrund der unterschiedlichen Spannungsabfälle in dem festen und dem flüssigen Isoliermaterial weiter steigen.

Eine allgemeine Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, besteht deshalb darin, ein Hochspannungs-Isoliermaterial zu schaffen, das in relativ einfacher Weise im Hinblick auf eine oder mehrere der oben erläuterten Anforderungen eines Hochspannungsgerätes optimiert werden  
5 kann.

Insbesondere soll ein Hochspannungs-Isoliermaterial geschaffen werden, mit dem sowohl Spannungsüberschläge aufgrund von Oberflächenladungen an einzelnen Komponenten eines Hochspannungsgerätes (insbesondere Hochspannungserzeuger), als auch Spannungsdurchschläge durch das Isoliermaterial zuverlässig verhindert werden können.  
10

Weiterhin soll ein Hochspannungs-Isoliermaterial geschaffen werden, das ein besonders geringes Gewicht aufweist, ohne dass wesentliche Einschränkungen im Hinblick auf seine Spannungsfestigkeit in Kauf genommen werden müssen.  
15

Es soll auch ein Hochspannungs-Isoliermaterial geschaffen werden, das in besonderer Weise zur Anwendung als Hybridisolierung in einem Hochspannungserzeuger zum Beispiel gemäß der Offenbarung in der EP 1 176 856 geeignet ist und demgegenüber eine verbesserte Festigkeit gegen Spannungsüberschläge auf Grund von Oberflächenladungen und / oder eine verbesserte  
20 Festigkeit gegen Spannungsdurchschläge durch das Isoliermaterial aufweist.

Schließlich soll auch ein Hochspannungserzeuger mit einem Isoliermaterial geschaffen werden, der bei relativ geringem Gewicht und / oder besonders kleiner und kompakter Ausführung eine unter allen realistischen Betriebsbedingungen, insbesondere auch einer Mischbelastung, ausreichende und zuverlässige Durchschlagsfestigkeit aufweist.  
25

Gelöst wird die Aufgabe gemäß Anspruch 1 mit einem Hochspannungs-Isoliermaterial, dessen elektrische Leitfähigkeit und / oder Dielektrizitätskonstante durch Zusatz mindestens eines

weiteren Materials in der Weise verändert ist, dass bei Anwendung in einem Hochspannungs-  
gerät die im Betrieb entstehenden Spannungsabfälle unterhalb von Überschlags- und / oder  
Durchschlagsspannungen des Isoliermaterials bleiben.

5

Ein Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass zum Beispiel Oberflächenladungen, die sich auf  
Komponenten eines Hochspannungsgerätes ansammeln, durch Erhöhung der elektrischen  
Leitfähigkeit des Isoliermaterials zumindest in dem Maße abgeführt werden, dass keine  
Spannungsüberschläge mehr auftreten können.

10

Ein weiterer Vorteil dieser Lösung ergibt sich im Fall von hybriden Isoliermaterialien, das heißt  
solchen unterschiedlicher Art wie insbesondere festen und flüssigen Isoliermaterialien. Da diese  
im allgemeinen unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten und / oder unterschiedliche Dielek-  
trizitätskonstanten aufweisen, treten an diesen Materialien entsprechend unterschiedliche

15 Gleich- bzw. Wechselspannungsabfälle auf, die jeweils in zumindest einem der Isoliermate-  
rialien deren Durchschlagfestigkeit übersteigen können. Durch Anpassung der elektrischen  
Leitfähigkeiten bzw. der Dielektrizitätskonstanten entsprechend der Durchschlagfestigkeiten  
kann eine optimale Verteilung der Spannungsabfälle und damit eine insgesamt höhere Durch-  
schlagfestigkeit des hybriden Isoliermaterials erzielt werden.

20

Zwar wird in der US2002/0094443 A1 ein festes Isoliermaterial in Form eines syntaktischen  
Polyimidschaums beschrieben, der aus einer Polymermatrix mit hohlen kugelförmigen Teilchen  
aus Glas, Kohlenstoff, Metall, Keramik oder einem Polymer, die mit einem Gas gefüllt sind,  
gebildet ist. Dieser Schaum ist allerdings, wie dort auch erwähnt wird, nicht zur Isolierung von  
25 elektrischen Komponente geeignet und weist eine sehr hohe Dielektrizitätskonstante auf. Aus  
diesem Grund wird diese Druckschrift nicht als einschlägig im Hinblick auf die erfindungsge-  
mäßige Problematik angesehen.

Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

- 5 Die Ansprüche 2 bis 8 haben feste Isoliermaterialien zum Inhalt. Durch das Einbringen der im wesentlichen kugelförmigen Teilchen kann ein schaumartiges Isoliermaterial mit Hohlräumen gleicher bzw. gewünschter Größe sowie einer sehr gleichmäßigen Verteilung dieser Hohlräume in dem Isoliermaterial hergestellt werden.

- 10 Die Isoliermaterialien gemäß den Ansprüchen 3 und 4 haben den Vorteil, dass sie ein besonders geringes Gewicht aufweisen.

Das Isoliermaterial gemäß Anspruch 6 hat den Vorteil, dass seine elektrische Leitfähigkeit relativ genau und reproduzierbar auf einen gewünschten Wert eingestellt werden kann.

- 15 Die Ansprüche 9 bis 12 haben flüssige Isoliermaterialien zum Inhalt, wobei die Ausführungen gemäß den Ansprüchen 9 und 10 in relativ einfacher Weise im Hinblick auf ihre elektrische Leitfähigkeit einstellbar sind und die Ausführungen gemäß den Ansprüchen 11 und 12 eine relativ einfache Einstellung ihrer Dielektrizitätskonstante ermöglichen.

- 20 Die Ansprüche 13 und 14 betreffen schließlich Hochspannungserzeuger mit einer insbesondere hybriden Isolierung, das heißt einer Kombination aus einem festen und einem flüssigen Isoliermaterial, wobei diese Hochspannungserzeuger insbesondere zur Anwendung in der Röntgentechnik geeignet sind.

- 25 Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung.

Eine erste Ausführungsform ist ein festes Hochspannungs-Isoliermaterial in Form eines Isolierschaums, der aufgrund seines geringen Gewichtes insbesondere zur Anwendung in

Hochspannungserzeugern für die oben genannten rotierenden Röntgensysteme geeignet ist.

Dieser Isolierschaum beinhaltet als Grundsubstanz zum Beispiel im wesentlichen eine Polymermatrix, die eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  von etwa 3 bis 4 aufweist.

5

In diese Polymermatrix wird als weiteres Material ein Füllstoff in Form von kugelförmigen Teilchen, insbesondere Hohlkugeln, eingebracht. Gegenüber bekannten Verfahren zur Herstellung von schaumförmigen Isoliermaterialien ergibt sich dabei der Vorteil, dass die durch die kugelförmigen Teilchen erzeugten Hohlräume eine Größe aufweisen, die derjenigen der Teil-

10 chen entspricht und somit sehr genau einstellbar und reproduzierbar ist.

Weiterhin kann auch eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung der Hohlräume in dem Isoliermaterial erzielt werden, als mit den meisten bekannten einschlägigen Verfahren, wenn das Gewicht der kugelförmigen Teilchen und insbesondere das Material, aus dem diese hergestellt

15 sind, so gewählt wird, dass diese beim Einbringen in die noch nicht gehärtete Grundsubstanz weder in starkem Maße sedimentieren, noch aufschwimmen, so dass sich auch ein sehr hoher bzw. gewünschter Füllgrad erreichen lässt.

Wenn weiterhin ein bekanntes Netz- und Dispergieradditiv zur Kontrolle der Thixotropie bzw.

20 Viskosität eingebracht wird, lässt sich der Füllgrad weiter erhöhen.

Die Herstellung des Füllstoffes bzw. der kugelförmigen Teilchen erfolgt mit einem an sich bekannten Verfahren, so dass darauf nicht näher eingegangen werden soll.

25 Die entstandenen Hohlräume verändern sich - im Gegensatz zu vielen bekannten Isolierschäumen - auch dann nicht, wenn das Isoliermaterial mit sehr unterschiedlichen Wandstärken in ein Gehäuse o. ä. eingeschaumt wird. Auch tritt die bei bekannten Isolierschäumen und bei großen Wandstärken prozessbedingt zu beobachtende Carbonisierung (Verbrennung durch Exothermie) hier nicht auf.



Durch geeignete Wahl des Materials, aus dem die Hohlkugeln hergestellt sind, durch deren Größe und Anzahl in dem Isoliermaterial, sowie durch die Art des in den Hohlkugeln enthaltenen Gases und dessen Drucks kann die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials in  
5 gewünschter Weise angepasst bzw. verändert werden.

Die kugelförmigen Teilchen sind insbesondere Hohlkugeln, die bevorzugt einen Durchmesser von zum Beispiel bis zu etwa 100  $\mu\text{m}$  aufweisen.

10 Die Hohlkugeln können zum Beispiel aus Glas, einer (Kondensator-) Keramik oder Phenolharz, einem Acrylnitrilcopolymer, oder aus jedem anderen Isolierstoff wie zum Beispiel einem thermoplastischen oder einem duroplastischen Material hergestellt sein.

Die Hohlkugeln können ein Gas wie z. B. Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) oder Isopenthan oder  
15 andere Gase enthalten, die, wie oben erwähnt, auch unter einem erhöhten Druck eingebracht werden können.

So kann z. B. die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials umso stärker abgesenkt werden, je größer der Gasanteil in dem Isoliermaterial ist. Dieser Anteil steigt mit zunehmender  
20 Anzahl und zunehmendem Durchmesser der Hohlkugeln. Gleichzeitig kann mit diesen beiden Maßnahmen natürlich auch das Gewicht des Isoliermaterials vermindert werden.

Darüber hinaus lässt sich durch geeignete Wahl des Durchmessers der Hohlkugeln sowie der Art und des Drucks des enthaltenen Gases auch die Durchschlagsfestigkeit des Isoliermate-  
25 rials beeinflussen. Zu diesem Zweck ist in an sich bekannter Weise der Gasdruck in den Hohlkugeln sowie deren Durchmesser so aufeinander abzustimmen, dass Teilentladungen in den Hohlkugeln vermieden werden.

Durch Einsatz eines Haftverbesserers kann die Haftung der Hohlkugeln an der Grundsubstanz verbessert und damit die Hochspannungsfestigkeit des Isoliermaterials weiter erhöht werden. In dem Fall, in dem die Hohlkugeln aus Glas oder Keramik sind, kann die Haftung an der

5 Polymermatrix durch eine Silanisierung mit etwa 0,1 bis 0,3 % erhöht werden. Wenn die Hohlkugeln aus einem Kunststoff gefertigt sind, kann die Haftung an der Polymermatrix durch Beschichtung der Kunststoffkugeln mit Calciumcarbonat verbessert werden.

Durch alle diese Maßnahmen kann somit ein hartschaumartiges Isoliermaterial hergestellt

10 werden, dessen Gewicht, Dielektrizitätskonstante und Hochspannungsfestigkeit in definierter und reproduzierbarer Weise in weiten Grenzen einstellbar ist.

Ein anderes Problem, dass sich insbesondere im Zusammenhang mit dem zunehmenden Einsatz hoher Betriebsfrequenzen und der damit verbundenen Verkleinerung der Leistungs-

15 bauelemente (zum Beispiel Hochspannungstransformatoren, Kaskaden usw.) sowie der immer kompakteren Bauweise der Hochspannungserzeuger ergibt, besteht darin, dass sich auf der Oberfläche von Feststoff-Isoliermaterialien Ladungen ansammeln, die dort zu Spannungsüberschlägen führen und eine Zerstörung der Isolationsanordnung und damit einen Defekt des Hochspannungserzeugers zur Folge haben können (Grenzflächenproblem).

20

Eine Abführung dieser Ladungen und damit eine weitere Erhöhung insbesondere der Belastbarkeit mit Gleichspannungsfeldstärken lässt sich dadurch erreichen, dass die aus einem elektrisch nichtleitenden Material gebildeten kugelförmigen Teilchen bzw. Hohlkugeln mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung versehen werden. Es hat sich gezeigt, dass mit dieser

25 Maßnahme in Verbindung mit den oben beschriebenen Eigenschaften des mit den Hohlkugeln hergestellten Isoliermaterials, wie insbesondere die gleichmäßige Verteilung und Größe der erzeugten Hohlräume, die Volumenleitfähigkeit des Isolierschaums über die Wahl der Dichte und / oder der Größe der Hohlkugeln in relativ genauer und reproduzierbarer Weise eingestellt werden kann.

Der spezifische Widerstand des Isoliermaterials kann mit dieser Maßnahme relativ einfach in einen bevorzugten Bereich von etwa  $10^{10} \Omega\text{cm}$  bis etwa  $10^{12} \Omega\text{cm}$  abgesenkt werden, so dass die genannten Oberflächenladungen in wirksamer Weise abgeführt oder zumindest soweit  
5 reduziert werden, dass keine Spannungsüberschläge mehr auftreten können.

Damit werden auch weitgehend die Nachteile vermieden, die üblicherweise entstehen, wenn zur Verminderung des Widerstandes leitfähige Partikel (Silber, Graphit, usw.) in das Isoliermaterial eingemischt werden. In diesem Fall besteht nämlich eine sehr steile Abhängigkeit  
10 zwischen der Menge der Partikel (d. h. deren Füllgrad) und dem Abfall des Widerstandes. Dies beruht im wesentlichen darauf, dass, sobald sich einzelne leitfähige Partikel in dem Isoliermaterial berühren (und sich somit ein komplexer Perkolationsspfad ausbildet), der Widerstand steil abfällt und insbesondere den o.g. bevorzugten Bereich sehr schnell unterschreitet. Dies ist mit den beschichteten und sehr gleichmäßig verteilten kugelförmigen Teilchen  
15 nicht zu befürchten.

Insgesamt ist mit dem erfindungsgemäßen Isoliermaterial somit eine gezielte Feldsteuerung sowohl im Hinblick auf die Wechselspannungsbelastung, nämlich über die Einstellung der Dielektrizitätskonstante, als auch im Hinblick auf die Gleichspannungsbelastung, nämlich über  
20 die Einstellung des spezifischen Widerstandes des Isoliermaterials möglich.

Dies hat Vorteile insbesondere beim Einsatz in Röntgensystemen, da der Hochspannungserzeuger durch diese im allgemeinen einer Mischbelastung aus Gleichspannung, Wechselspannung und unipolar pulsierenden Spannungen ausgesetzt ist, insbesondere wenn er im  
25 Grenzbereich der Materialbelastbarkeit betrieben wird.

Es soll noch erwähnt werden, dass die kugelförmigen Teilchen je nach den elektrischen Anforderungen an das Isoliermaterial auch eine Form haben können, die an die ideale Kugelform nur angenähert ist.

Eine zweite Ausführungsform der Erfindung ist ein flüssiges Hochspannungs-Isoliermaterial. Dieses findet bevorzugt in solchen Hochspannungserzeugern (insbesondere mit hoher Leistungsdichte) Anwendung, die ohne Isolierpapier und stattdessen in reiner Kunststofftechnik  
5 (zum Beispiel aus Thermoplasten oder Epoxy- bzw. anderen Isolierharzen) zusammen mit einem flüssigen Isoliermaterial aufgebaut werden sollen. Dies hat den Vorteil, dass die mit dem Isolierpapier verbundenen aufwendigen Imprägnierprozesse nicht mehr erforderlich sind.

Außerdem können die aus Thermoplasten in Form von Hochleistungsspritzgussteilen her-  
10 gestellten (festen) Isoliermaterialien auch gleichzeitig eine tragende Funktion übernehmen, so dass gegebenenfalls in Verbindung mit einer geeigneten filigranen Formgebung dieser Teile die Kompaktheit des Hochspannungserzeugers weiter erhöht und dessen Abmessungen weiter verkleinert werden können.

15 Allerdings besteht hierbei aufgrund der hohen Feldstärken wiederum die Gefahr, dass sich bestimmte Oberflächen, insbesondere diejenigen des festen Isoliermaterials, relativ stark aufladen und sich somit das oben beschriebene Grenzflächenproblem weiter verschärft. Dies kann so weit gehen, dass Spannungsüberschläge an den Oberflächen bereits bei einer Feldstärke auftreten, die noch weit unter der Feldstärke liegt, bei der ein Durchschlag der  
20 Isoliermaterialien an sich zu befürchten ist.

Zur Lösung dieses Grenzflächenproblems kann das feste Isoliermaterial wiederum gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform durch Einbringen von mit einem elektrisch leitenden Material beschichteten Hohlkugeln einen verminderten spezifischen Widerstand  
25 erhalten, so dass die Ladungen zumindest weitgehend abfließen können.

Alternativ oder zusätzlich dazu kann mit dem flüssigen Isoliermaterial gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung, das ebenfalls einen in gezielter Weise verminderten spezifischen Widerstand aufweist, erreicht werden, dass die Oberflächenladungen an dem festen

Isoliermaterial durch das flüssige Isoliermaterial zumindest weitgehend abgeführt werden.

Zu diesem Zweck wird dem flüssigen Isoliermaterial erfindungsgemäß ein erster Stoff beigemischt, der möglichst weitgehend oder vollständig in Lösung geht und mit dem der spezifische Widerstand der Lösung geringfügig vermindert wird. Dadurch, dass der Stoff in Lösung geht, ergibt sich der Vorteil, dass sich die oben genannten Perkulationspfade, die zu einer schlagartigen Verminderung des Widerstandes führen, nicht ausbilden können und somit in gezielter und reproduzierbarer Weise ein gewünschter spezifischer Widerstand auch des flüssigen Isoliermaterials eingestellt werden kann.

10

Als Grundsubstanz des flüssigen Isoliermaterials kann zum Beispiel übliches Transformatorenöl oder eine Ester-Flüssigkeit gewählt werden. Zur Verminderung des spezifischen Widerstandes können zum Beispiel Aromaten und / oder Alkohol (zum Beispiel Ethanol) zugesetzt werden, und zwar vorzugsweise mit einer solchen Menge, dass gerade noch die gewünschte bzw. erforderliche Durchschlagsfestigkeit erhalten bleibt und die Verluste in der Flüssigkeit noch tolerierbar sind.

Durch diese Einstellung des spezifischen Widerstandes des flüssigen Isoliermaterials und ggf. des festen Isoliermaterials gemäß obiger Beschreibung ist auch eine gezielte Feldsteuerung bzw. Feldverteilung zwischen festem und flüssigem Isoliermaterial hinsichtlich der Gleichspannungsbelastung möglich, so dass die Spannungsabfälle in den beiden Isoliermaterialien (hybrides Isoliermaterial) jeweils nicht größer sind, als deren Durchschlagsfestigkeit.

In Abhängigkeit von der speziellen Anordnung und Ausgestaltung kann der spezifische Widerstand des flüssigen Isoliermaterials zum Beispiel in einen Bereich zwischen etwa  $10^{10}$  und etwa  $10^{13} \Omega\text{cm}$  abgesenkt werden.

Alternativ oder zusätzlich dazu kann wiederum auch die Dielektrizitätskonstante des flüssigen Isoliermaterials eingestellt bzw. gegenüber der Dielektrizitätskonstante der Grundsubstanz in

gewünschter Weise verändert werden, um gezielt eine Feldsteuerung im Hinblick auf die Wechselspannungsbelastung des Isoliermaterials vorzunehmen. Zum Beispiel kann dem Transformatoröl als Grundsubstanz ( $\epsilon_r = 2,1$ ) zur Erhöhung der Dielektrizitätskonstante des Gesamt-Isoliermaterials ein zweiter Stoff wie Rhizinusöl beigemischt werden, das eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  von etwa 8 aufweist.

Besonders vorteilhaft lassen sich die erfindungsgemäßen festen und flüssigen Isoliermaterialien in Kombination miteinander einsetzen.

Dies kommt zum Beispiel dann in Betracht, wenn ein Hochspannungserzeuger eine Hybridisolierung aufweist, bei der sich in einem festen Isoliermaterial Kanäle befinden, in denen ein flüssiges Isoliermaterial geführt wird, um zum Beispiel aus thermisch besonders belasteten Bereichen die Wärme besser abführen zu können, als es mit dem festen Isoliermaterial möglich ist. Ein Hochspannungserzeuger mit einer solchen Hybridisolierung ist in der EP 1 176 856 offenbart, die durch Bezugnahme zum Bestandteil dieser Offenbarung gemacht werden soll.

Bei einer solchen Hybridisolierung können sowohl die spezifischen Widerstände, als auch die Dielektrizitätskonstanten des festen und des flüssigen Isoliermaterials gemäß obiger Erläuterungen in vorteilhafter Weise so aufeinander abgestimmt werden, dass einerseits Oberflächenladungen zuverlässig abgeführt werden und andererseits die Belastung durch Gleich- und Wechselspannungsfelder in optimierter Weise auf die beiden Isoliermaterialien verteilt werden kann, so dass die jeweiligen Spannungsabfälle die jeweilige Durchschlagsfestigkeit nicht überschreiten.

Durch die gezielte Feldsteuerung im Hinblick auf die Gleichspannungs- und die Wechselspannungsbelastung beider Isoliermaterialien kann die Durchschlagsfestigkeit des hybriden Isoliermaterials weiter verbessert und der Gehäuseaufbau der betreffenden Vorrichtung weiter

verkleinert werden. Insbesondere kann durch die zuverlässige Abführung von Oberflächenladungen die Durchschlagsfestigkeit des Isoliermaterials voll ausgenutzt und damit die Feldstärke in dem Gesamtsystem entsprechend erhöht werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Hochspannungs-Isoliermaterial, dessen elektrische Leitfähigkeit und / oder Dielektrizitätskonstante durch Zusatz mindestens eines weiteren Materials in der Weise verändert ist, dass bei Anwendung in einem Hochspannungsgerät die im Betrieb entstehenden Spannungsabfälle unterhalb von Überschlags- und / oder Durchschlagsspannungen des Isoliermaterials bleiben.
2. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 1 in fester Form, bei dem das weitere Material durch zumindest im wesentlichen kugelförmige Teilchen gebildet ist, die hinsichtlich ihrer Größe und / oder ihres Materials und / oder ihrer Beschichtung und / oder ihrer Füllung und / oder ihres Anteils an dem gesamten Isoliermaterial so gewählt bzw. bemessen sind, dass sich eine gewünschte elektrische Leitfähigkeit und / oder Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials ergibt.
3. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 2, bei dem die kugelförmigen Teilchen Hohlkugeln mit einem Durchmesser von bis zu etwa 100  $\mu\text{m}$  sind.
4. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 2, bei dem die kugelförmigen Teilchen mit einem Gas gefüllt sind.



5. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 2,  
bei dem die kugelförmigen Teilchen aus Glas und / oder einer Keramik und / oder Phenolharz  
und / oder einem Acrylnitrilcopolymer oder einem anderen Isolierstoff gebildet sind.
- 5
6. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 2,  
bei dem die kugelförmigen Teilchen eine Beschichtung mit einem elektrisch leitfähigen Material  
aufweisen.
- 10 7. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 2,  
bei dem die kugelförmigen Teilchen eine Beschichtung aus einem die Anhaftung zwischen den  
Teilchen und der Grundsubstanz verbessernden Material (Haftverbesserer) aufweisen.
8. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 2,  
15 bei dem die kugelförmigen Teilchen in eine Grundsubstanz eingebettet sind, der ein  
Haftverbesserer zur Verbesserung der Anhaftung zwischen den Teilchen und der  
Grundsubstanz zugesetzt ist.
9. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 1 in flüssiger Form,  
20 bei dem das weitere Material zur Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit durch einen  
ersten, in einer flüssigen Grundsubstanz gelösten Stoff gebildet ist.
10. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 9,  
bei dem die Grundsubstanz eine Isolierflüssigkeit wie ein Transformatorenöl und / oder eine  
25 Ester-Flüssigkeit und der erste Stoff ein Aromat und / oder ein Alkohol ist.

11. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 1 in flüssiger Form,  
bei dem das weitere Material zur Veränderung der Dielektrizitätskonstante durch einen  
zweiten, einer flüssigen Grundsubstanz zugesetzten Stoff gebildet ist.
- 5
12. Hochspannungs-Isoliermaterial nach Anspruch 11,  
bei dem die Grundsubstanz eine Isolierflüssigkeit wie ein Transformatorenöl und / oder eine  
Ester-Flüssigkeit und der zweite Stoff ein Rhizinusöl ist.
- 10 13. Hochspannungserzeuger mit einem Isoliermaterial in fester Form nach mindestens einem  
der Ansprüche 1 bis 8 und / oder einem Isoliermaterial in flüssiger Form nach mindestens  
einem der Ansprüche 9 bis 12.
14. Hochspannungserzeuger nach Anspruch 13,
- 15 bei dem die elektrische Leitfähigkeit und / oder die Dielektrizitätskonstante des mindestens  
einen Isoliermaterials so gewählt ist, dass eine zumindest weitgehend an die  
Durchschlagsfestigkeit der Isoliermaterialien angepasste Belastung mit Gleichspannungs- und /  
oder Wechselfeldstärken erzielbar ist.
- 20 15. Röntgensystem mit einem Hochspannungserzeuger nach Anspruch 13 oder 14.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Hochspannungs-Isoliermaterialien

- Es werden Hochspannungs-Isoliermaterialien in fester und flüssiger Form beschrieben, die insbesondere zur Anwendung in Hochspannungserzeugern zum Beispiel für die Röntgentechnik
- 5 und die Computertomographie vorgesehen sind. Die festen Isoliermaterialien zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie bei relativ geringem Gewicht eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit aufweisen. Weiterhin kann die elektrische Leitfähigkeit der Isoliermaterialien in relativ einfacher Weise so eingestellt werden, dass Oberflächenladungen zuverlässig abgeführt und Spannungsüberschläge vermieden werden. Mit weiteren
- 10 Ausführungsformen ist schließlich insbesondere im Fall von hybriden Isoliermaterialien eine gezielte Anpassung bzw. Veränderung der Dielektrizitätskonstante und / oder der elektrischen Leitfähigkeit der Isoliermaterialien in der Weise möglich, dass die jeweiligen Spannungsabfälle über den Isoliermaterialien deren elektrische Durchschlagsfestigkeit nicht überschreiten.

PCT/IB2004/050839



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**